

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236661

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>G 0 1 S 17/10  
7/292

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 S 17/10

7/292

技術表示箇所

E

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平8-291651

(22) 出願日 平成8年(1996)11月1日

(31) 優先権主張番号 特願平7-341454

(32) 優先日 平7(1995)12月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 帆足 善明

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 白井 孝昌

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

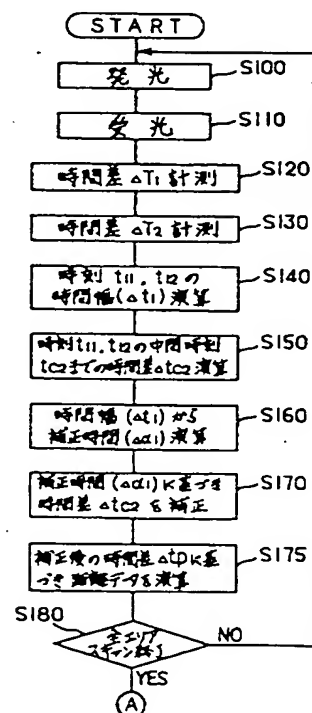
(74) 代理人 弁理士 碓氷 裕彦

(54) 【発明の名称】 距離測定方法及び距離測定装置

(57) 【要約】

【課題】 反射波の強度の影響を受けることなく、高精度に反射物体までの距離を求めることができる距離測定装置を提供する。

【解決手段】 受信波形  $h$  が閾値  $V_0$  と交差する時刻 ( $t_{11}$ ,  $t_{12}$ ) から求められる受信強度に対応する時間幅  $\Delta t_1$  を求め (S140)、続いてスタートパルス  $P_{A2}$  から時刻  $t_{11}$ ,  $t_{22}$  との中間時刻  $t_{c2}$  までの時間差  $\Delta t_{c2}$  を求める (S150)。次に S140 で求められた受信強度に対応する時間幅  $\Delta t_1$  から図3に示すマップに基づいて補正時間  $\Delta \alpha_1$  を求める (S160)。そして、S160 で求められた補正時間  $\Delta \alpha_1$  により S150 で求められた時間差  $\Delta t_{c2}$  を補正する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信波を放射する送波手段と、

前記送信波が反射物体にて反射された反射波を受信波として受波する受波手段と、

前記送波手段が前記送信波を放射してから前記受波手段が前記受信波を受波するまでの時間差を計測する時間差計測手段と、

該時間差に基づいて前記反射物体までの距離を算出する距離算出手段とを備えた距離測定装置において、

前記受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだの時間幅に基づいて、前記受信波の強度差により生じる前記反射物体までの距離測定誤差を補正する誤差補正手段とを備えたことを特徴とする距離測定装置。

【請求項2】 請求項1記載の距離測定装置において、前記誤差補正手段は、

前記受信波の信号が前記所定の閾値を越えているあいだの時間幅を演算する時間幅演算手段と、

前記時間幅に基づいて、前記時間差計測手段にて計測された時間差を補正する時間差補正手段とを備え、

前記距離算出手段は、前記時間差補正手段にて補正された時間差に基づいて前記反射物体までの距離を算出することを特徴とする距離測定装置。

【請求項3】 請求項1記載の距離測定装置において、前記誤差補正手段は、

前記受信波の信号が前記所定の閾値を越えているあいだの時間幅を演算する時間幅演算手段を備え、

前記時間幅に基づいて、前記距離算出手段にて求められる前記反射物体までの距離を補正することを特徴とする距離測定装置。

【請求項4】 請求項2または3に記載の距離測定装置において、

前記時間幅演算手段は、前記受信波の信号レベルが前記所定の閾値を越えているあいだ前記受信波の信号を前記時間計測手段へ入力する信号レベル判定手段を備えたことを特徴とする距離測定装置。

【請求項5】 請求項2に記載の距離測定装置において、

前記時間差補正手段は、

前記送信波を放射してから前記所定の閾値を越えているあいだの時間幅の中間時刻までの時間差を演算する基準時間差演算手段を備え、

該基準時間差演算手段にて演算された時間差を前記時間幅に基づいて補正することを特徴とする距離測定装置。

【請求項6】 請求項2に記載の距離測定装置において、

前記時間差補正手段は、

前記送信波を放射してから前記受信波の信号が前記閾値に上昇するまでの時間差若しくは前記受信波の信号が前記閾値に下降するまでの時間差を、前記時間幅に基づいて補正することを特徴とする距離測定装置。

【請求項7】 請求項4に記載の距離測定装置において、

更に、

前記所定の閾値より高い値に設定された閾値を有する他の信号レベル判定手段を備え、

前記受信波の信号が、当該他の信号レベル判定手段が有する閾値を越える場合に、該閾値を越えている時間幅に基づいて、前記時間差計測手段にて計測された時間差を補正することを特徴とする距離測定装置。

【請求項8】 送信波を放射してから、この送信波が反射物体にて反射されて受信波として受波するまでの時間差を求めることにより、前記反射物体までの距離を求める距離測定方法において、

前記受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだの時間幅を求め、この時間幅に基づいて前記反射物体までの距離を補正することを特徴とする距離測定方法。

【請求項9】 請求項8に記載の距離測定方法において、

前記所定の閾値を越えているあいだの時間幅に基づいて前記時間差を補正し、この補正された時間差に基づいて反射物体までの距離を求めることを特徴とする距離測定方法。

【請求項10】 請求項8または9に記載の距離測定方法において、

前記送信波を送波してから前記所定の閾値を越えているあいだの時間幅の中間時刻までの時間差を求め、この時間差を前記時間幅に基づいて補正することを特徴とする距離測定方法。

【請求項11】 請求項10に記載の距離測定方法において、

前記送信波を放射してから前記中間時刻までの時間差を、前記送信波を放射してから前記受信波の信号レベルが最大値に達する時刻までの時間差となるように補正することを特徴とする距離測定方法。

【請求項12】 請求項8または9に記載の距離測定方法において、

前記送信波を放射してから前記受信波が所定の閾値に上昇するまでの時間差若しくは前記受信波が所定の閾値に下降するまでの時間差を求め、この時間差を前記時間幅に基づいて補正することを特徴とする距離測定方法。

【請求項13】 請求項12に記載の距離測定方法において、

前記送信波を放射してから前記受信波が所定の閾値に上昇するまでの時間差若しくは前記受信波が所定の閾値に下降するまでの時間差を、前記送信波を放射してから前記受信波の立ち上がり時刻までの時間差となるように補正することを特徴とする距離測定方法。

【請求項14】 請求項8乃至13のいずれかに記載の距離測定方法において、

更に、前記所定の閾値より高い値に設定された他の閾値

を有し、前記受信波の信号が、当該他の閾値を越える場合に、前記受信波が他の閾値を越えている時間幅に基づいて前記時間差を補正することを持徴とする距離測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、送信波を放射して反射物体による反射波を検出し、反射波を放射した時間と反射波を検出した時間との差に基づいて、反射物体までの距離を算出する距離測定方法及び距離測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば光波やミリ波などのパルス状の送信波を断続的に放射して反射物体により反射された反射波を検出し、その反射波を放射した時間と、反射波を検出した時間との差に基づいて反射物体までの距離を算出する距離測定装置が知られており、次のようにして反射物体までの距離を算出している。

【0003】図16は受波手段にて検出される反射波の電圧波形を示す線図であり、曲線L1は比較的強い反射波に対応するものであり、曲線L2は比較的弱い反射波に対応するものである。この図16に例示するように、受波手段が受波した反射波をその強度に応じた電圧に変換し、送信波を放射した送信時刻から前記電圧が所定電圧V0に達するまでの時間を検知し、更にその時間に光速/2を乗ずることによって反射物体までの距離を算出している。なお、所定電圧V0はノイズ成分による影響を避けるために設定されている。

【0004】ところが、受波手段が反射波を受波した時刻t0から所定電圧V0に達する(時刻t1、t2)までには所定の遅れ時間が生じる。また、この遅れ時間は、反射波の強度の影響を受け、例えば受波手段が反射波を受波する時刻t0が同じ時刻(すなわち反射物体までの距離が同一)であっても、比較的強い反射波に対応する曲線L1では、電圧が時刻t1にてV0に達するのに対して、比較的弱い反射波に対応する曲線L2では、電圧はそれより遅い時刻t2にてV0に達することになり、時刻t1、t2の間の時間差d1の測定誤差を生じることになる。

【0005】そこで、前記測定誤差を補正するために、特開平3-65678号公報では、図17に示すように、受波した信号波形に対して2つの閾値(V0、V1)を設定し、この2つの閾値(V0、V1)と受波した信号波形との交点から受波した信号波形の立ち上がり過程の微分値( $\Delta V / \Delta t$ )を算出し、この微分値より受波立ち上がり時点t0を算出することにより、上述した測定誤差を抑えるものが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術には、以下のような問題点がある。すなわち、上

記従来技術では、受波した信号波形の立ち上がり過程の微分値( $\Delta V / \Delta t$ )を算出するものであり、この微分値( $\Delta V / \Delta t$ )を量子化誤差(連続的な量を離散的な数値で表す場合に生じる誤差)を避けて高精度に算出するためには、サンプリングタイムに対して相当大きく時間差 $\Delta t$ を設定する必要がある(サンプリング定理に基づく)、この結果2つの閾値(V0、V1)のレベル差 $\Delta V$ をある程度大きく設定する必要がある。

【0007】また、受波信号にはノイズが重畳しているため、ノイズの影響を受けずに高精度に微分値を得るためにも、2つの閾値(V0、V1)のレベル差 $\Delta V$ をある程度大きく設定する必要がある。このように、2つの閾値(V0、V1)のレベル差 $\Delta V$ を大きく設定した場合、図17に示すように、比較的強い反射波に対応する曲線L1では、微分値を算出することが可能であるが、比較的弱い反射波に対応する曲線L2では、微分値を算出することができないという問題点が生じる。

【0008】そこで、本発明は、反射波の強度の影響を受けることなく、高精度に反射物体までの距離を求めることができる距離測定方法及び距離測定装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために以下に示す技術手段を採用する。請求項1に記載の技術手段によれば、誤差補正手段にて受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだの時間幅を求め、この時間幅に基づいて反射波の強度差により生じる反射物体までの距離測定誤差を補正する。ここで、受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだの時間幅は、受信波の強度差と対応し、受信波の強度が小さい時には時間幅も小さくなり、受信波の強度が大きい時には時間幅も大きくなるといった対応関係を有しており、この時間幅は受信波の受信強度を特徴付ける指標となる。従って、時間幅に基づいて、距離測定誤差を補正することにより、受信波の強度差により生じる反射物体までの距離測定誤差を補償することができる。

【0010】請求項2に記載の技術手段によれば、時間幅演算手段にて受信波の信号が所定の閾値を越えているあいだの時間幅を演算し、この時間幅に基づいて時間差補正手段が時間差計測手段にて計測された時間差を補正する。この時間幅は受信波の受信強度を特徴付けるものであり、この時間幅と補正時間との関係(図3、8参照)を予め実験等により求めておき、この関係を利用して時間差計測手段にて計測された時間差を補正する。この結果、受信波の受波時刻を同一時刻とすることができ、受信波の受信強度差による距離測定誤差を補償することができる。

【0011】請求項3に記載の技術手段によれば、時間幅演算手段にて受信波の信号が所定の閾値を越えているあいだの時間幅を演算し、この時間幅に基づいて距離算

出手段にて算出された反射物体までの距離を補正する。この時間幅は受信波の受信強度を特徴付けるものであり、この時間幅と補正距離との関係（図14参照）を予め実験等により求めておき、この関係を利用して距離算出手段にて算出された反射物体までの距離を補正する。この結果、受信波の強度差により生じる反射物体までの距離測定誤差を補償することができる。

【0012】時間幅演算手段は、請求項4に記載のように、受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだ受信波の信号を時間計測手段へ入力する信号レベル判定手段を備えるよう構成してもよい。請求項5に記載の技術手段を採用することにより、基準時間差演算手段が送信波を放射してから時間幅の中間時刻までの時間差を求め、送信波を放射してから受信波の信号が閾値に上昇するまでの時間差に含まれる測定誤差と、送信波を放射してから受信波の信号が閾値に下降するまでの時間差に含まれる測定誤差とが平均化されるため、より高精度に反射物体までの距離を測定することができる。

【0013】なお、時間差補正手段は、請求項6に記載の技術手段のように、送信波を放射してから受信波の信号が閾値に上昇するまでの時間差若しくは受信波の信号が閾値に下降するまでの時間差を、時間幅に基づいて補正してもよい。請求項7に記載の技術手段を採用することにより、上記閾値より高い値に設定された閾値を有する他の信号レベル判定手段を備え、この他の信号レベル判定手段が有する閾値を受信波の信号が越える場合には、当該閾値を越えている時間幅に基づいて、時間差計測手段にて計測された時間差を補正する。受信波は雑音、雑音限界等の影響によりノイズ成分が重畳する。したがって比較的強い受信波を受波した場合には、それに応じて高い閾値でもって時間差計測手段で計測される時間差および時間幅演算手段で演算される時間幅を求めたほうがノイズ成分に起因する測定誤差を小さくすることができる。

【0014】請求項8に記載の技術手段を採用することにより、受信波の信号レベルが所定の閾値を越えているあいだの時間幅を求め、この時間幅に基づいて反射物体までの距離を補正することにより請求項1と同様の効果を得ることができる。請求項9に記載の技術手段によれば、所定の閾値を越えている時間幅に基づいて時間差を補正し、この補正された時間差に基づいて反射物体までの距離を求めることにより請求項2と同様の効果を得ることができる。

【0015】請求項10に記載の技術手段によれば、送信波を放射してから時間幅の中間時刻までの時間差を、時間幅に基づいて補正することにより請求項5と同様の効果を得ることができる。なお、請求項11に記載の技術手段のように、送信波を放射してから中間時刻までの時間差を、送信波を放射してから受信波の信号レベルが最大値に達する時刻までの時間差となるように補正して

もよい。

【0016】請求項12に記載の技術手段によれば、送信波を放射してから受信波が所定の閾値に上昇するまでの時間差若しくは受信波が所定の閾値に下降するまでの時間差を求め、この時間差を時間幅に基づいて補正することにより請求項6と同様の効果を得ることができる。なお、請求項13に記載のように、送信波を放射してから受信波が所定の閾値に上昇するまでの時間差若しくは前記受信波が所定の閾値に下降するまでの時間差を、送信波を放射してから前記受信波の立ち上がり時刻までの時間差となるように補正してもよい。

【0017】請求項14に記載の技術手段によれば、更に、前記所定の閾値より高い値に設定された他の閾値を有し、前記受信波の信号が、当該他の閾値を越える場合に、前記受信波が他の閾値を越えている時間幅に基づいて前記時間差を補正することにより請求項7と同様の効果を得ることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の距離測定装置を、図に示す一実施形態に基づき説明する。

【第1実施形態】図1は本発明の第1実施形態の距離測定装置1を表す概略構成図である。なお、本実施形態の距離測定装置1は、自動車に搭載されて前方の障害物（反射物体）等を検出するためのものである。

【0019】本距離測定装置1は、送受信部31と演算部33とを主要部として次のように構成されている。図1に示すように、送受信部31は、パルス状のレーザ光Hを、スキャンミラー35および発光レンズ37を介して放射する半導体レーザダイオード（以下単にレーザダイオードと記載）39と、図示しない障害物に反射されたレーザ光Hを受光レンズ41を介して受光し、その強度に対応する電圧を出力する受光素子43とを備えている。

【0020】レーザダイオード39は駆動回路45を介して演算部33に接続され、演算部33からの駆動信号によりレーザ光Hを放射（発光）する。また、スキャンミラー35にはミラー47が鉛直軸を中心に揺動可能に設けられ、演算部33からの駆動信号がモータ駆動部49を介して入力されると、このミラー47は図示しないモータの駆動力により揺動する。すると、レーザ光Hは車両の前方において、水平面内の所定角度に渡り掃引照射される。

【0021】一方、受光素子43の出力電圧は、STC (Sensitivity Time Control) 回路51を介して所定レベルに増幅された後、可変利得アンプ53に入力される。STC回路51について補足しておく。受信信号強度は目標物までの距離の4乗に反比例するため、近距離にリフレクタ等の反射率の高いものがあり、受光強度がきわめて強くなった場合を補償するためにこのSTC回路51は設けられている。

【0022】また、可変利得アンプ53はD/A変換器55を介して演算部33に接続され、演算部33により指示されたゲイン（利得）に応じて入力電圧を増幅してコンパレータ57に出力する。コンパレータ57は可変利得アンプ53の出力電圧Vを所定電圧V0と比較し、 $V > V0$ となったとき所定の受信信号を時間計測回路61へ入力する。なお、本発明の信号レベル判定手段がコンパレータ57に該当する。

【0023】時間計測回路61には、演算部33から駆動回路45へ出力される駆動信号も入力され、上記駆動信号をスタートパルスPA、上記受光信号をストップパルスPBとし、2つのパルスPA、PB間の位相差（すなわち入力時間差）を2進デジタル信号に符号化して、その値を演算部33へ入力する。この時間計測回路61は、微小時間を数値化することができ、放射されたレーザー光H1発に対して複数の受信信号があってもそれぞれの信号についての時間差を検出することができるものである。この時間計測回路61が本発明の時間計測手段に該当する。

【0024】この時間計測回路61としては、例えば入力信号を反転して出力するインバータゲートディレイ回路を奇数個リング状に連結し、そのリング上でパルスエッジを周回させる奇数段リングオシレータを利用したものが考えられる。上記2つのパルスPA、PB間の位相差（すなわち入力時間差）は以下のようにして計測される。すなわち、スタートパルスPAが入力されたときに上記リングオシレータ上にパルスエッジを周回させ、ストップパルスPBが入力されたときに、スタートパルスPAによって起動されたパルスエッジがリングオシレータ上の何れのインバータゲートディレイ回路まで到達したかを検出することにより、2つのパルスPA、PB間の位相差が計測される。

【0025】また、本時間計測回路61は、正確な時間測定を行うために時間分解能の補正機能も備えている。ここでは、基準信号（例えば水晶発振クロック）を用いることによって、完全デジタル回路によるデジタル演算補正を行っている。従来、デジタル回路を時間測定に用いる場合は、クロック周期を分解能としていたが、上記のように構成される時間計測回路61は、クロック回路よりもはるかに微小な分解能で時間（上記2つのパルスPA、PB間の位相差）を数値化することができる。そのため、放射されたレーザー光H1発に対して複数の受信信号があっても（つまり1つのスタートパルスPAに対して2つ以上のストップパルスPBがあっても）それぞれの信号についての時間差を検出することができるのである。

【0026】図1の構成の説明に戻り、演算部33は、時間計測回路61からの入力時間差と、そのときのミラー47の揺動角に基づき、障害物までの距離および方向を算出する。また、可変利得アンプ53の出力電圧Vは

ピークホールド回路63へも入力され、ピークホールド回路63は出力電圧Vの極大値を演算部33へ入力している。

【0027】次に、このように構成された距離測定装置1の距離測定原理について図2および図3に基づき説明する。図2は距離測定原理を説明する受信波形図であり、L1は比較的強い反射波を受信した場合の受信波形を示すものであり、L2は比較的弱い反射波を受信した場合の受信波形を示すものである。また、図3は受信強度に対応する時間幅と補正時間との対応関係を示す線図である。

【0028】そこで、曲線L1の立ち上がり過程にコンパレータ57によって設定された所定電圧V0（以降閾値と称す）と交差する時刻をt11、曲線L1の立ち下がり過程に閾値V0と交差する時刻をt12、時刻t11と時刻t12との時間差を $\Delta t1$ とする。また、曲線L2の立ち上がり過程に閾値V0と交差する時刻をt21、曲線L2の立ち下がり過程に閾値V0と交差する時刻をt22、時刻t21と時刻t22との時間差を $\Delta t2$ とする。

【0029】図2から明らかなように、強い反射波に対応する時間差 $\Delta t1$ と弱い反射波に対応する時間差 $\Delta t2$ とを対比すると $\Delta t1 > \Delta t2$ の関係が成立する。すなわち、受信波形が閾値V0と交差する時刻（t11、t12、t21、t22）によって決定される時間差（ $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ ）の大きさは受信強度に対応し、受信強度が小さい時には上記時間差が小さくなり（ $\Delta t2$ ）、受信強度が大きい時には上記時間差が大きくなる（ $\Delta t1$ ）。したがって、この時間差（ $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ ）は受信波形の強度を特徴付ける指標となる。以下この時間差を受信強度に対応する時間幅（ $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ ）と称す。

【0030】さらに、時刻t11と時刻t12との中間時刻をtc2、時刻t21と時刻t22との中間時刻をtc1、曲線L1、L2が最大電圧に到達する時刻をtp、中間時刻tc2と最大電圧に達する時刻tpとの時間差を $\Delta \alpha 1$ 、中間時刻tc1と最大電圧に達する時刻tpとの時間差を $\Delta \alpha 2$ とする。なお、中間時刻（tc2、tc1）と最大電圧に達する時刻tpとの時間差を以下補正時間（ $\Delta \alpha 1$ 、 $\Delta \alpha 2$ ）と称す。

【0031】すると、上述した受信強度に対応する時間幅（ $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ ）と補正時間（ $\Delta \alpha 1$ 、 $\Delta \alpha 2$ ）との間には所定の対応関係を有する。すなわち、図3に示すように、受信強度に対応する時間幅が大きくなるにしたがって補正時間も単調増加する傾向を有している。したがって、この図3に示す対応関係を予め実験等により求めておき、受信強度に対応する時間幅から補正時間を求めて、この補正時間に基づいて中間時刻（tc2、tc1）を最大電圧に達する時刻tpに補正し（図2の矢印参照）、レーザーダイオード39が発光してから最大電圧に達する時刻tpまでの時間差に基づいて反射物体までの距離を測定する。

【0032】このようにすることにより、反射波の強度の違いによる測定誤差は補正時間によって補正され、同一の時刻  $t_p$  までの時間差として反射物体までの距離が測定される。なお、受信強度に対応する時間幅と補正時間との関係はマップとして演算部33のROMに記憶しておけばよい。次に、この距離測定原理を具現化した距離測定装置1の作動について図4～図6に基づき説明する。図4および図5は時間計測回路61および演算部33が実行する距離測定処理を示すフローチャート、図6は距離測定時の各種信号を示すタイムチャートである。なお、以下の説明では、比較的強い反射波を受光した場合について説明するが、比較的弱い反射波を受光した場合においても同様の処理を実行すればよい。

【0033】まず、図4に示すように、ステップ100（以下ステップを単にSと称す）において、駆動回路45に駆動信号を出力し、レーザダイオード39を発光させる。すなわち、図6の①に示すように演算部33からレーザダイオード39を駆動させるための計測開始信号（スタートパルスPA）が出力され、この計測開始信号に基づいて駆動回路45では1次電流を発生し（図6の②参照）、この1次電流をレーザダイオード39に印加することにより発光する（図6の③参照）。

【0034】続くS110では、その発光に対応し、図示しない反射物体に反射されたレーザ光Hを受光レンズ41を介して受光する。そしてこの受光したレーザ光Hは、受光素子43でその強度に対応する電圧に変換され、STC回路51、可変利得アンプ53を介して所定レベルに増幅する（図6の④参照）。増幅された信号は出力電圧Vとしてコンパレータ57へ入力する。コンパレータ57では、出力電圧Vと所定電圧V0と比較して  $V > V_0$  が成立している間、出力電圧Vを時間計測回路61へ入力する。

【0035】次にS120では、図6に示すようにスタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの立ち上がりエッジPB1との時間差  $\Delta T1$  を時間計測回路61にて算出する。同様にS130において、スタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの立ち下がりエッジPB2との時間差  $\Delta T1$ 、 $\Delta T2$  を時間計測回路61にて計測する（図6の⑤参照）。

【0036】そして、この時間計測回路61にて計測された時間差データ  $\Delta T1$ 、 $\Delta T2$  は、演算部33の図示しないRAMに記憶される。続いて、S140では、図2を用いて説明したように、受信波形L1が閾値V0と交差する時刻（ $t11$ 、 $t12$ ）から求められる受信強度に対応する時間幅  $\Delta t1$  を数式1に基づいて求める。

【0037】

【数1】  $\Delta t1 = \Delta T2 - \Delta T1$

次に、S150において、スタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2から時刻  $t11$  と時刻  $t12$  との中間時刻

$t_{c2}$  までの時間差  $\Delta t_{c2}$  を数式2に基づいて求める。

【0038】

【数2】  $\Delta t_{c2} = (\Delta T1 + \Delta T2) / 2$

続くS160では、S140にて求められた受信強度に対応する時間幅  $\Delta t1$  から図3に示すマップに基づいて補正時間  $\Delta \alpha 1$  を求める。そして、S170では、S150で求められた中間時刻  $t_{c2}$  までの時間差  $\Delta t_{c2}$  をS160にて求められた補正時間  $\Delta \alpha 1$  により補正することにより、スタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2から受信波形L1が最大電圧に達する時刻  $t_p$  までの時間差  $\Delta t_p$  を数式3に基づき求める。

【0039】

【数3】  $\Delta t_p = \Delta t_{c2} - \Delta \alpha 1$

続くS175では、S170で求められた時間差  $\Delta t_p$  に光速/2を乗じることにより反射物体までの距離を求める。なお、上記S140～S170の処理が本発明の誤差補正手段に該当し、この中でS140の処理が時間幅演算手段に該当し、S150の処理が基準時間差演算手段に該当し、S160～S170の処理が時間差補正手段に該当する。また、上記S175の処理が本発明の距離算出手段に該当する。

【0040】ところで本実施形態では、演算部33からの駆動信号がモータ駆動部49を介してスキャンミラー35に入力されると、ミラー47が揺動して所定のエリアをスキャンする。これによって、レーザ光Hは車両の前方において水平面内の所定角度に渡り掃引照射される。したがって、S180では、この所定のエリアを全てスキャンしたか否かを判断しており、全エリアのスキャンが終了するまで、S100～S175までの処理を繰り返す。

【0041】そして、全エリアのスキャンが終了すると、S190では、S175において距離データが存在するか否かを判断する。ここで距離データが一つもない場合にはS200へ移行し、対象となる目標物がないという情報だけを記憶して、距離データは出力しない。一方、S190において距離データが存在すると判断された場合にはS210へ移行し、その距離データを距離に応じてグループ化する。この距離に応じたグループ化について説明する。上述したように、本実施形態では、スキャン方式のレーザ光放射であり、レーザダイオード39は、ミラー47が所定角度揺動する毎に発光するので、レーザ光Hの放射方向も所定角（例えば0.5度）毎に不連続に設定される。そのため、放射方向の異なるレーザ光Hに対応する距離データとして区別され、そのままでは本来は同一の対象物からの反射波に基づく距離データであっても別のデータとして処理されることとなる。したがって、近接する距離データ同士をグループ化している。

【0042】なお、近接とは、種々の条件によって定義することが考えられるが、レーザ光Hの放射方向も加味



し、隣り合う放射方向に対応して非常に近い距離データがある場合には、グループ化することが好ましい。なぜなら、レーザ光Hが先行車両の後部に反射して戻ってきた場合には、所定角度毎に放射されるレーザ光Hの内の複数が同じ車両に反射すると考えられるからである。

【0043】続くS220では、S210においてグループ化された距離データを目標物までの距離として出力する。上述したように、本実施形態では、受信強度に対応する時間幅( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )と補正時間( $\Delta \alpha1$ 、 $\Delta \alpha2$ )との間の対応関係(図3参照)に基づいて、測定終了時刻が常に時刻 $t_p$ となるように補正するため、反射波の受信強度の違いによる測定誤差をなくすることができる。

【0044】また、上記補正時間は、時刻 $t11$ と時刻 $t12$ との中間時刻 $t_{c2}$ までの時間差 $\Delta t_{c2}$ を基準として補正処理される。この時間差 $\Delta t_{c2}$ は、時刻 $t11$ までの時間差 $\Delta T1$ と時刻 $t12$ までの時間差 $\Delta T2$ を平均化(数式2参照)することにより求めているため、時間差 $\Delta T1$ および $\Delta T2$ に含まれる測定誤差も平均化されるため、より高精度に反射物体までの距離を測定することができる。

【0045】なお、上記実施形態においては、時間幅 $\Delta t1$ から補正時間 $\Delta \alpha1$ を演算し(S160)、この補正時間 $\Delta \alpha1$ に基づき時間差 $\Delta t_{c2}$ を補正し(S170)、補正後の時間差 $\Delta t_p$ に基づき距離データを求める(S175)ようにしているが、このステップ160~175の処理に代えて、図13に示す処理を実行するようにしてもよい。

【0046】すなわち、S150に続くS330では、中間時刻 $t_{c2}$ までの時間差 $\Delta t_{c2}$ に光速/2を乗じることにより反射物体までの距離データを求める。ここで、受信強度に対応する時間幅( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )と補正距離( $\Delta \beta1$ 、 $\Delta \beta2$ )との間にも上述した図3と同様の対応関係(時間幅が大きくなるにしたがって補正距離も単調増加する傾向(図14参照))を有している。従って、続くS340では、S140にて求められた受信強度に対応する時間幅 $\Delta t1$ から図16に示すマップに基づいて補正距離 $\Delta \beta1$ を求める。

【0047】そして、S350では補正距離 $\beta1$ に基づいてS330で算出された距離データを補正する。このように、時間差 $\Delta t_{c2}$ に基づいてまず距離データを算出し、この求められた距離データを補正するようにしても上記実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0048】〔第2実施形態〕次に、本発明の第2の実施形態の距離測定装置1について以下説明する。なお、本実施形態の構成は、上記第1実施形態と同様であるためここでの説明は省略する。次に、本実施形態の距離測定装置1の距離測定原理について図7および図8に基づき説明する。図7は距離測定原理を説明する受信波形図であり、L1は比較的強い反射波を受信した場合の受信

波形を示すものであり、L2は比較的弱い反射波を受信した場合の受信波形を示すものである。また、図8は受信強度に対応する時間差と補正時間との対応関係を示す線図である。

【0049】そこで、上記第1実施形態と同様に、曲線L1の立ち上がり過程に閾値V0と交差する時刻を $t11$ 、曲線L1の立ち下がり過程に閾値V0と交差する時刻を $t12$ 、時刻 $t11$ と時刻 $t12$ との時間差を $\Delta t1$ とする。また、曲線L2の立ち上がり過程に閾値V0を通過する時刻を $t21$ 、曲線L2の立ち下がり過程に閾値V0と交差する時刻を $t22$ 、時刻 $t21$ と時刻 $t22$ との時間差を $\Delta t2$ とする。

【0050】図7から明らかなように、強い反射波に対応する時間差 $\Delta t1$ と弱い反射波に対応する時間差 $\Delta t2$ とを対比すると $\Delta t1 > \Delta t2$ の関係が成立する。すなわち、受信波形が閾値V0と交差する時刻( $t11$ 、 $t12$ 、 $t21$ 、 $t22$ )によって決定される時間差( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )の大きさは受信強度と対応し、受信強度が小さい時には上記時間差が小さくなり( $\Delta t2$ )、受信強度が大きい時には上記時間差が大きくなる( $\Delta t1$ )。したがって、この時間差は受信波形の強度を特徴付ける指標となる。以下この時間差を第1実施形態と同じく受信強度に対応する時間幅( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )と称す。

【0051】さらに、曲線L1、L2の立ち上がり時刻を $t0$ 、立ち上がり時刻 $t0$ と時刻 $t11$ との時間差を $\Delta \alpha1$ 、立ち上がり時刻 $t0$ と時刻 $t21$ との時間差を $\Delta \alpha2$ とする。なお、立ち上がり時刻 $t0$ と時刻 $t11$ 、時刻 $t21$ との時間差( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )を上記第1実施形態と同じく補正時間( $\Delta \alpha1$ 、 $\Delta \alpha2$ )と称す。すると、受信強度に対応する時間差( $\Delta t1$ 、 $\Delta t2$ )と補正時間( $\Delta \alpha1$ 、 $\Delta \alpha2$ )との間には所定の対応関係を有する。すなわち、図8に示すように、受信強度に対応する時間幅が大きくなるにしたがって補正時間が単調減少する傾向を有している。したがって、この図8に示す対応関係を予め実験等により求めておき、受信強度に対応する時間幅から補正時間を求めて、この補正時間に基づいて時刻 $t11$ 、 $t21$ を曲線L1、L2の立ち上がり時刻 $t0$ に補正し(図8の矢印参照)、レーザダイオード39が発光してから時刻 $t0$ までの時間差に基づいて反射物体までの距離を測定する。

【0052】このようにすることにより、反射波の強度の違いによる測定誤差は補正時間によって補正され、同一の時刻 $t0$ までの時間差として反射物体までの距離が測定される。なお、受信強度に対応する時間幅と補正時間との関係はマップとして演算部33のROMに記憶しておけばよい。次に、この距離測定原理を具現化した距離測定装置1の作動について図9に基づき説明する。図9は時間演算回路61および演算部33が実行する距離測定処理を示すフローチャートである。なお、以下の説明では、比較的強い反射波を受光した場合について説明す

るが、比較的弱い反射波を受光した場合においても同様の処理を実行すればよい。

【0053】図9に示すフローチャートは、上記第1実施形態のフローチャート（図4、5）のS140～S175に代えて実行されるものであり、S100～S130およびS180～S220の処理は上記第1実施形態と同じであるため説明は省略する。S130に続くS230では、図7を用いて説明したように、受信波形L1が閾値V0と交差する時刻（ $t_{11}$ 、 $t_{12}$ ）から求められる受信強度に対応する時間幅 $\Delta t_1$ を上記第1実施形態と同様に数式1に基づいて求める。

【0054】続くS240では、S230にて求められた受信強度に対応する時間幅 $\Delta t_1$ から図8に示すマップに基づいて補正時間 $\Delta \alpha_1$ を求める。そして、S250では、S120で求められた時刻 $t_{11}$ までの時間差 $\Delta T_1$ をS250で求められた補正時間 $\Delta \alpha_1$ により補正することにより、スタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2から受信波形L1の立ち上がり時刻 $t_0$ までの時間差 $\Delta t_0$ を数式4に基づき求める。

【0055】

【数4】 $\Delta t_0 = \Delta T_1 - \Delta \alpha_1$

続くS260では、S250で求められた時間差 $\Delta t_0$ に光速 $c/2$ を乗じることにより反射物体までの距離を演算する。このように、本実施形態では、受光強度に対応する時間幅（ $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$ ）と補正時間（ $\Delta \alpha_1$ 、 $\Delta \alpha_2$ ）との間の対応関係（図8参照）に基づいて、測定終了時刻が常に時刻 $t_0$ となるように補正するため、反射波の受信強度の違いによる測定誤差をなくすることができる。

【0056】なお、本実施形態では、時刻 $t_{11}$ までの時間差 $\Delta T_1$ を、受信波形L1の立ち上がり時刻 $t_0$ となるように補正したが、これに限定されることなく時刻 $t_{12}$ までの時間差 $\Delta T_2$ を補正してもよい。また、第1の実施形態において詳述したように、時間差 $\Delta T_1$ に基づいてまず距離データを算出し、この求められた距離データを補正するようにしてもよい。

【0057】なお、上記S230～S250の処理が本発明の誤差補正手段に該当し、この中でS230の処理が時間幅演算手段に該当し、S240～S250の処理が時間差補正手段に該当する。また、上記S260の処理が距離算出手段に該当する。

【第3実施形態】次に、本発明の第3の実施形態の距離測定装置1について以下説明する。

【0058】上記第1および第2実施形態では、演算部33により指示されたゲイン（利得）に応じて入力電圧を増幅してコンパレータ57に出力し、このコンパレータ57は、可変利得アンプ53の出力電圧Vを所定電圧V0と比較し、 $V > V_0$ となったとき所定の受信信号を時間計測回路61へ入力する構成について説明した。これに対して、本実施形態では、コンパレータ57に対し

て並列的にコンパレータ65を追加した構成としている。そして、このコンパレータ65の設定電圧V1は $V_1 > V_0$ と設定され、可変利得アンプ53の出力電圧Vをコンパレータ57ではV0と比較し $V > V_0$ となったとき所定の受信信号を時間計測回路61へ入力するとともにコンパレータ65ではV1と比較して $V > V_1$ となったとき所定の受信信号を時間計測回路61へ入力するよう構成されている。なお、その他の構成については上記第1および第2実施形態と同様であり説明を省略する。また、このコンパレータ65が、本発明の他の信号レベル判定手段に該当する。

【0059】次に、このように構成された距離測定装置1の距離測定原理について図11、図12及び図15に基づき説明する。図11は本実施形態の距離測定原理を説明する受信波形拡大図であり、図12は距離測定時の各種信号を示すタイミングチャートであり、図15は本実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【0060】上記第1および第2実施形態の説明では、理想的な受信波形曲線L1、L2に基づいて説明したが、実際の距離測定装置1の受信波形は、熱雑音、雑音限界等の影響により図11に示すようにノイズ成分67が重畳する。このノイズ成分67の変動幅は包絡線69で規定されたようになり、この変動幅は受信強度に対応する時間幅（ $\Delta t_1$ 、 $\Delta t_2$ ）および時間差 $\Delta T_1$ 、 $\Delta T_2$ を計測するにあたり測定誤差となる。ここで、受信波形L1の立ち上がり過程に閾値V0と交差する時刻 $t_{11}$ に生じる変動幅d2と、受信波形L1の立ち上がり過程に閾値V1と交差する時刻 $t'_{11}$ に生じる変動幅d3とを対比すると、閾値V0より所定値高い電圧に設定された閾値V1に基づいて、時刻 $t'_{11}$ までの時間差 $\Delta T'_1$ を求めた方が受信強度に対応する時間幅（時刻 $t'_{11}$ と時刻 $t'_{12}$ との時間幅）および時間差 $\Delta T'_1$ に含まれる測定誤差の影響を小さく抑えることができる。これは、受信波形L1の立ち上がり過程の中で波形の中間電圧付近で曲線の勾配が最も急となることに起因するものである。

【0061】そこで、本実施形態では、2つの閾値V0、V1を設定し、受信波形L1が閾値V1を越えるような強い受信波の場合には、測定誤差の影響が小さくなる閾値V1を用いて時刻 $t'_{11}$ までの時間差 $\Delta T'_1$ を求め、受信波形L1が閾値V1を越えない弱い受信波の場合には閾値V0を用いて時刻 $t_{11}$ までの時間差 $\Delta T_1$ を求める。

【0062】この処理について、さらに図12および図15に基づいて詳細に説明すると、受信波形L1が閾値V1を越えるような強い受信波形の場合には、上記第1および第2実施形態と同様に、スタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの立ち上がりエッジPB1との時間差 $\Delta T_1$ およびスタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの



立ち上がりエッジPB2との時間差 $\Delta T2$ を時間計測回路61にて計測する(S120, S130)。さらに、閾値V1に対してはスタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの立ち上がりエッジPB1'との時間差 $\Delta T'1$ およびスタートパルスPAの立ち上がりエッジPA2とストップパルスPBの立ち下がりエッジPB'2との時間差 $\Delta T'2$ を時間計測回路61にて計測する(S125, S135)。そして、この時間計測回路61にて計測された時間差データ $\Delta T1$ ,  $\Delta T2$ ,  $\Delta T'1$ ,  $\Delta T'2$ は演算部33の図示しないRAMに記憶される。

【0063】続いてS137では、 $\Delta T'1$ ,  $\Delta T'2$ が存在するか否かの判定がなされ、この判定において $\Delta T'1$ ,  $\Delta T'2$ が存在しない場合にはS140へ移行し、時間差 $\Delta T1$ ,  $\Delta T2$ を用いて以降第1及び第2実施形態において詳述したS140~S175の処理を実行する。一方、S137において $\Delta T'1$ ,  $\Delta T'2$ が存在すると判定された場合は、S140'へ移行し、この $\Delta T'1$ ,  $\Delta T'2$ に基づいてS140'~S175'の処理を実行する。なお、このS140'~S175'の処理は、閾値V1に基づく $\Delta T'1$ および $\Delta T'2$ を用いる点が異なるのみであり、処理内容としてはS140~S175と同様である。なお、S100~S110及びS180~S220の処理は上記第1及び第2実施形態と同じであるため説明は省略する。

【0064】なお、S140~S170及びS140'~S170'が本発明の誤差補正手段に該当し、この中でS140及びS140'の処理が時間幅演算手段に該当し、S150及びS150'の処理が基準時間差演算手段に該当し、S160~S170及びS160'~S170'の処理が時間差補正手段に該当する。また、上記S175及びS175'の処理が本発明の距離算出手段に該当する。

【0065】このように、本実施形態においては、閾値V0より高い値の閾値V1を設定し、受信波形が閾値V1を越えるような強い受信波の場合は、高い値に設定された閾値V1に基づいて距離測定処理が実行されるため、上記第1および第2実施形態の効果に加えて、ノイズ成分に起因する計測誤差をより小さくすることができる。

【0066】なお、S160'において用いられる受光強度に対応する時間幅と補正時間との対応関係を示すマップは、受信波形の大きさに対して閾値V0と閾値V1との電圧差が小さいときは、1つのマップで兼用することができるが、受信波形の大きさに対して電圧差が大きい時は、閾値V1に応じたマップを準備する必要がある。

【0067】以上詳述した上記実施形態において、反射物体までの距離を測定すれば、その測定距離に基づいて追突防止の制御を実行したり、前方の車両に所定の車両

距離を保って追従走行をする追従走行制御など、種々の制御に利用することができる。さらに、本実施形態の距離測定装置1は、自動車に搭載する以外にも種々の用途に適用することができる。

【0068】また、上記実施形態では、半導体レーザーダイオード19によってパルス状のレーザー光Hを放射して障害物を検出しているが、それ以外にも電波や超音波等を使用するような構成でもよい。この場合も上記実施形態と同様の作用・効果が得られる。すなわち、距離測定装置1の使用目的に応じた適切な送信波を選択すればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1、第2実施形態の距離測定装置を示す概略構成図である。

【図2】本発明の第1実施形態の距離測定装置の距離測定原理を説明する受信波形図である。

【図3】本発明の第1実施形態における受信強度に対応する時間幅と補正時間との対応関係を示す線図である。

【図4】本発明の第1、第2実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【図5】本発明の第1、第2、第3実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【図6】本発明の第1、第2実施形態の距離測定時の各種信号を示すタイムチャートである。

【図7】本発明の第2実施形態の距離測定装置の距離測定原理を説明する受信波形図である。

【図8】本発明の第2実施形態における受信強度に対応する時間幅と補正時間との対応関係を示す線図である。

【図9】本発明の第2実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【図10】本発明の第3実施形態の距離測定装置を示す概略構成図である。

【図11】本発明の第3実施形態の距離測定原理を説明する受信波形拡大図である。

【図12】本発明の第3実施形態の距離測定時の各種信号を示すタイムチャートである。

【図13】本発明の他の実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【図14】本発明の他の実施形態における受信強度に対応する時間幅と補正距離との対応関係を示す線図である。

【図15】本発明の第3実施形態の距離測定処理を示すフローチャートである。

【図16】従来の距離測定装置の距離測定原理を示す受信波形図である。

【図17】従来の距離測定装置の距離測定原理を示す受信波形図である。

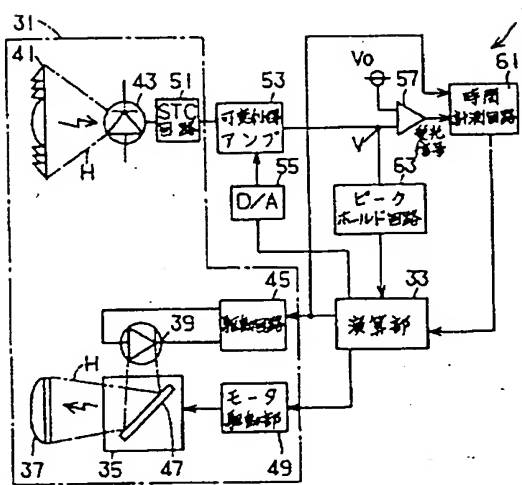
【符号の説明】

- 1 距離測定装置
- 31 送受信部

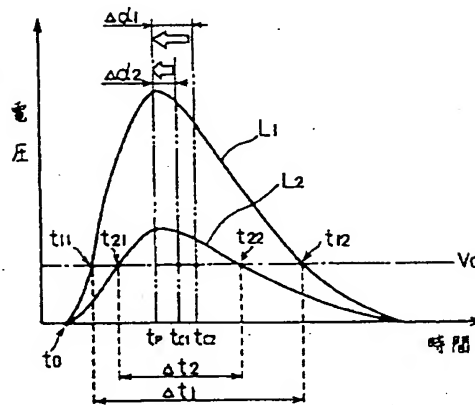
33 演算部  
35 スキャンミラー  
37 発光レンズ  
39 レーザダイオード  
41 受光レンズ  
43 受光素子  
45 駆動回路  
47 ミラー  
49 モータ駆動部

51 STC回路  
53 可変利得アンプ  
55 D/A変換器  
57 コンパレータ  
61 時間計測回路  
63 ピークホールド回路  
65 コンパレータ  
H レーザ光

〔図1〕

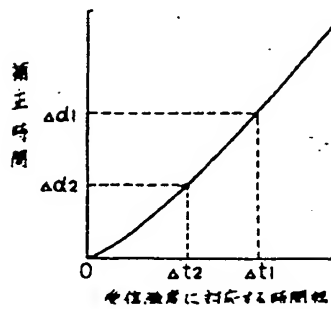


〔図2〕

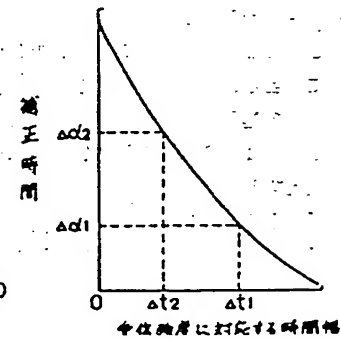
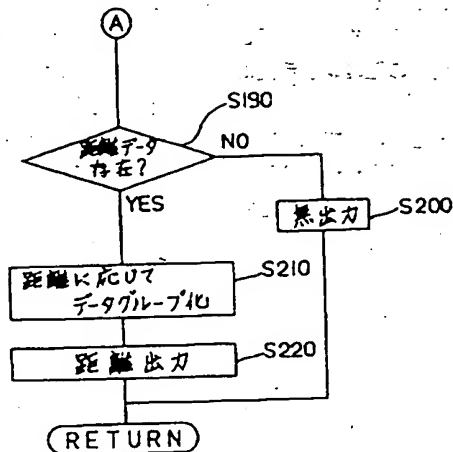


〔図8〕

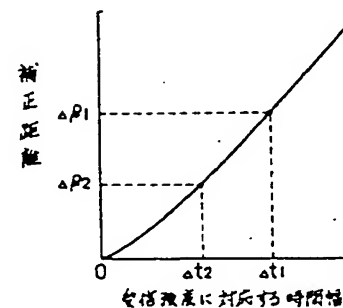
〔図3〕



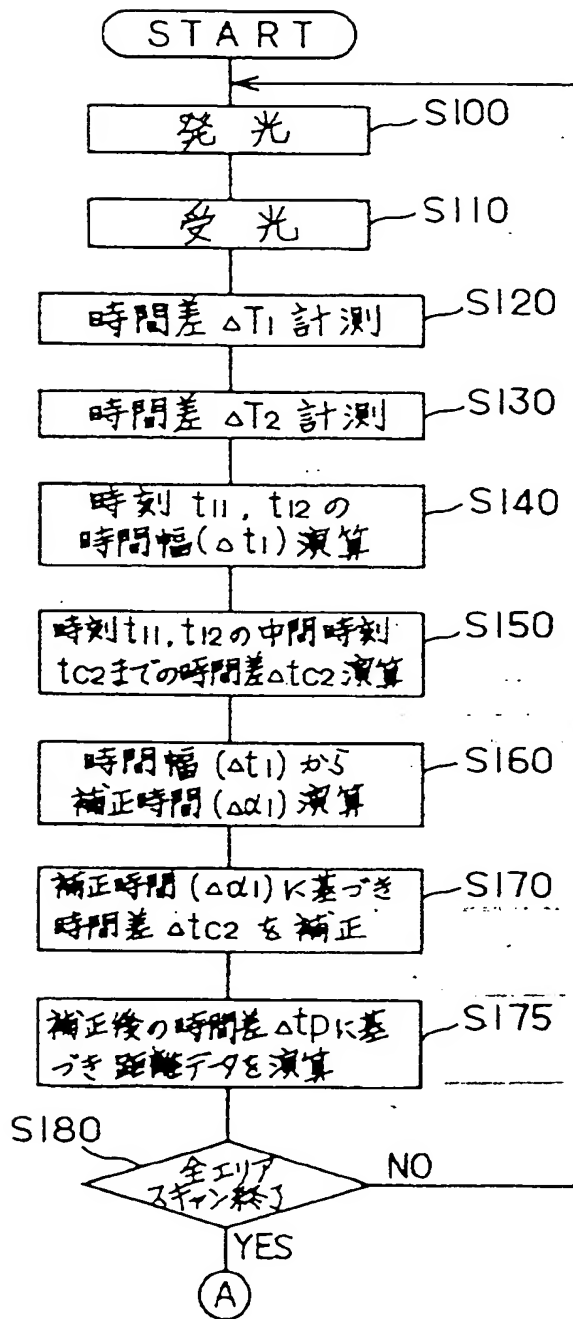
〔図5〕



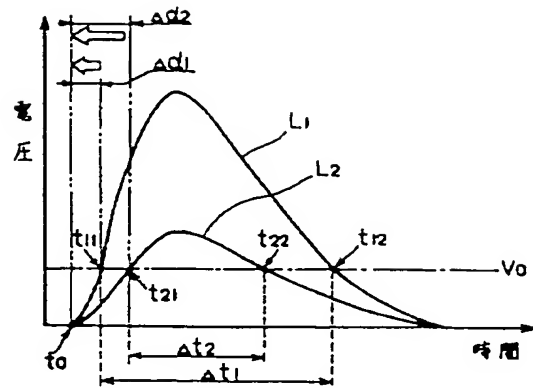
〔図14〕



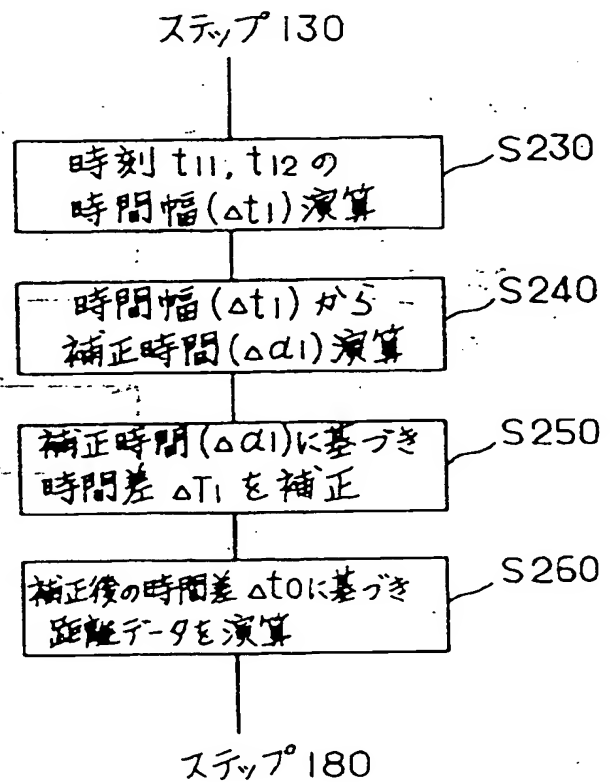
【図4】



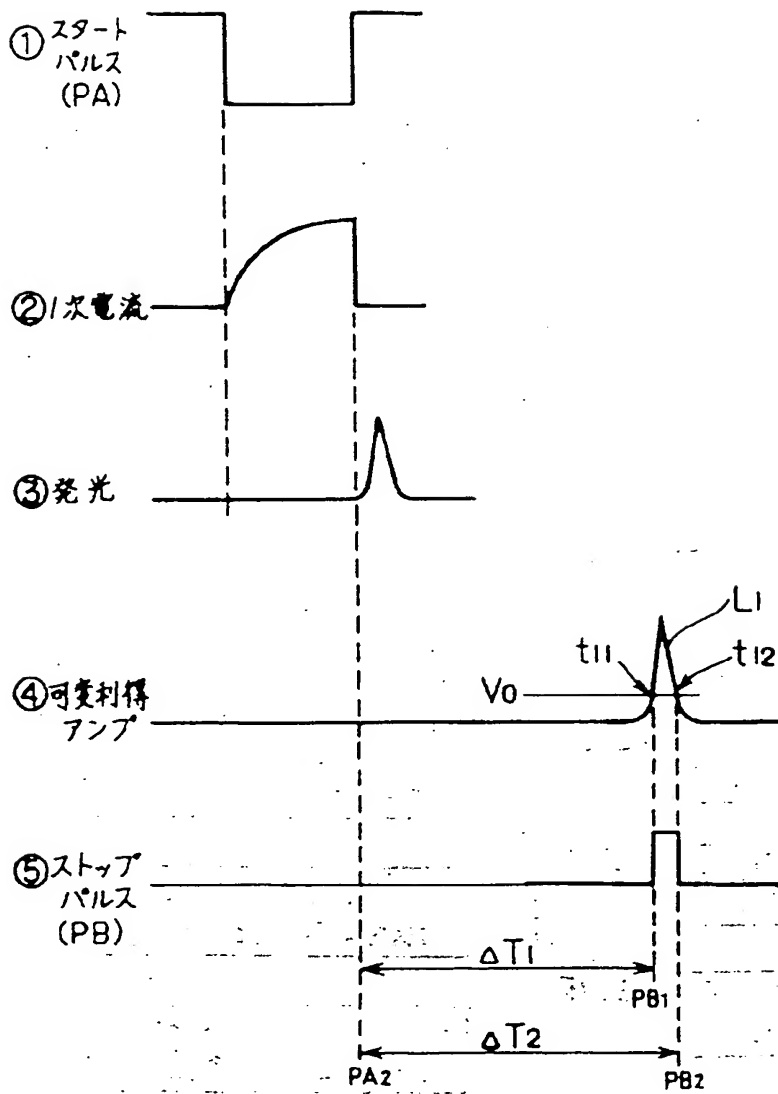
【図7】



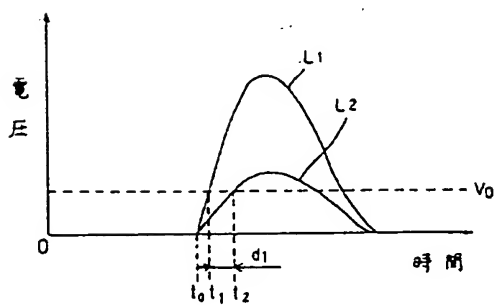
【図9】



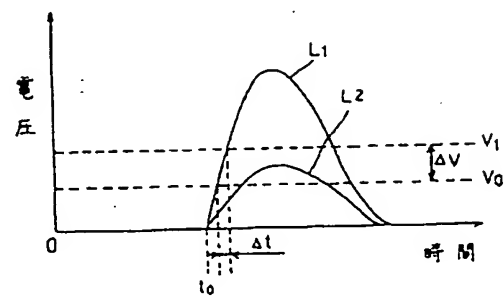
【図6】



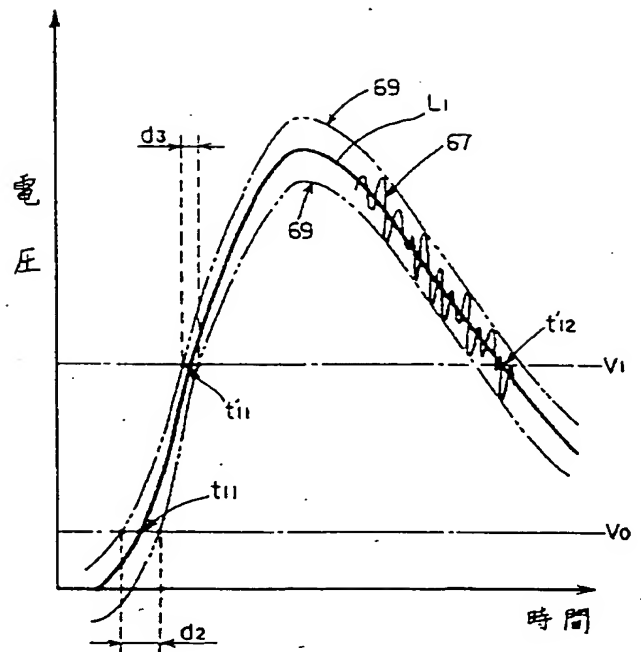
【図16】



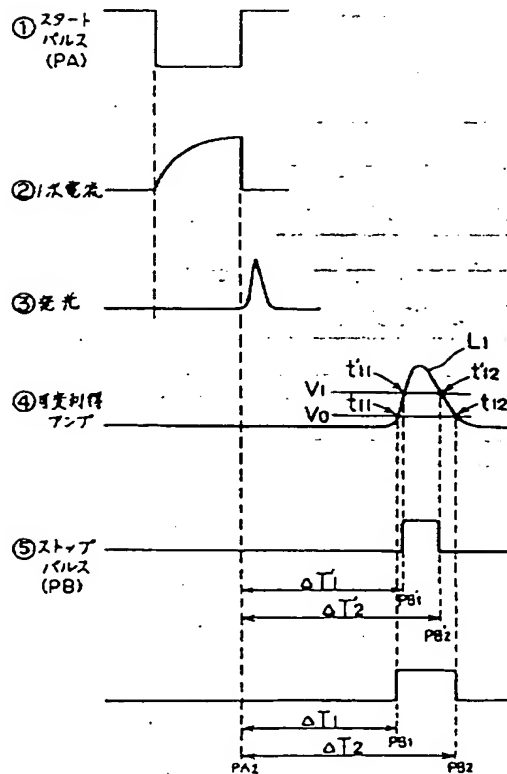
【図17】



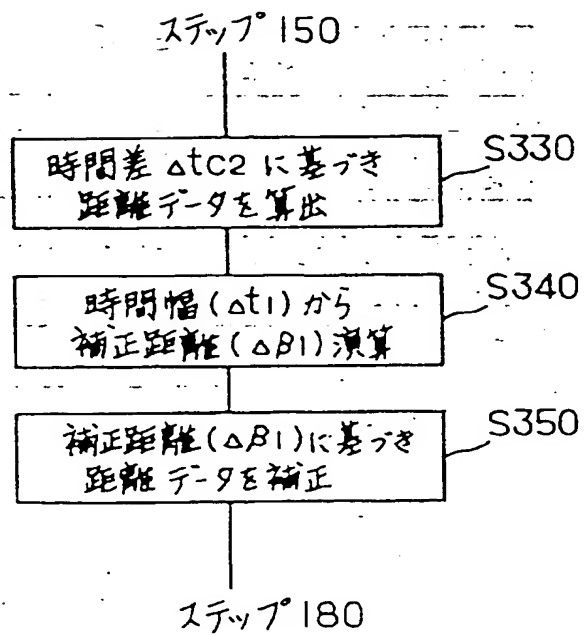
【图 1 1】



【図 12】



【例 13】



【図15】

